

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-229995

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)9月13日

G 01 T 1/20

B-8406-2G

A-8406-2G

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑭ 発明の名称 放射線位置検出器

⑰ 特 願 昭63-57233

⑱ 出 願 昭63(1988)3月10日

⑲ 発 明 者 山 下 貴 司 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

⑲ 発 明 者 内 田 博 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

⑲ 出 願 人 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市市野町1126番地の1 社

⑲ 出 願 人 新技術開発事業団 東京都千代田区永田町2丁目5番2号

⑲ 代 理 人 弁理士 蛭川 昌信

明 細 書

1. 発明の名称

放射線位置検出器

2. 特許請求の範囲

(1) 板状、あるいは柱状シンチレータと光位置検出器を結合した放射線位置検出器において、シンチレータを多層に束ね、各層間を光学的に結合することによりシンチレータへの放射線入射位置とシンチレータ中での発光点の深さ位置を検出することを特徴とする放射線位置検出器。

(2) 各層はシンチレータ間隔の層数分の一つつずらせて光学的に結合されている請求項1記載の放射線位置検出器。

(3) 各層内の各シンチレータは反射剤により光学的に分離され、各層間のシンチレータ間の光学的結合は光学結合剤により行われ、光位置検出器と結合する面を除く他の外側の面には反射剤が塗布されている請求項1または2記載の放射線位置検出器。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、シンチレータ中での発光点の深さ位置の検出が可能な放射線位置検出器に関するものである。

(従来の技術)

従来、放射線位置検出器として、柱状の独立したシンチレータをモザイク状に束ね、これを光位置検出器に結合しているもの(特願昭60-78929号、特願昭60-114790号)、深さ方向検出機能を有する放射線位置検出器として、連続した板状シンチレータに光位置検出器、フォトマルチプライヤ(PMT)アレイ等を結合したものが提案されている(J.G.Rogus et al. Phys. Med. Biol. (1986), Vol. 31, No. 10, pp1061-1090)。

第6図は板状シンチレータに光位置検出器を結合した従来の放射線位置検出器を示す図で、1はシンチレータ、2は光位置検出器、3、4は γ 線、5、6はシンチレーション光である。

図において、 γ 線3、4の入射位置を、シンチレータ1から出力されるシンチレーション光5、

特開平1-229995 (2)

6の発光分布位置、例えば重心より検出し、かつこの時の光出力分布の広がり具合から放射線吸収位置（発光点位置）A、Bを検出している。

（発明が解決しようとする課題）

しかしながら、モザイク状BCO（ビスマス酸ゲルマニウム）を用いたものでは、放射線のシンチレータ中での吸収の深さ位置情報、即ち発光点の深さ位置情報が得られない。また、第6図に示す放射線検出器では、放射線のシンチレータ中での吸収深さ位置情報を知り得るが、特にシンチレータ上部で発光した場合は光出力時に非常に広い分布となり、位置分解能を劣化させてしまう。即ち、位置分解能Rは、発光分布の広がりσ、発光光子数をNとしたとき、

$$R \propto \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

で与えられ、そのため発光分布の広がりσが大きいため第6図の検出器では位置分解能が劣化することになる。またシンチレータの端部における光分布の歪から、端部近辺の位置分解能・直線性が劣化

する欠点がある。

このシンチレータ中での発光点の深さ情報が得られると、parallax error（視差誤差）と呼ばれる位置誤差が減少でき、とくにポジトロンCT等の応用等で重要となる。即ち、第7図に示すように、放射線がシンチレータ1に斜めに入射し、位置A、Bで発光した場合に両者を異なった位置、すなわち同一の入射位置r線であるにもかかわらず、異なった入射位置として検出してしまい、その結果parallax errorΔが発生することになる。この場合に深さ方向の情報Dが得られれば、この誤差を除くことができる。

本発明は上記問題点を解決するためのもので、シンチレータ中での発光点深さ位置情報を知ることができ、位置分解能を向上させることが可能である放射線位置検出器を提供することを目的とする。

（課題を解決するための手段）

そのために本発明の放射線位置検出器は、板状、あるいは柱状シンチレータと光位置検出器を結合

した放射線位置検出器において、シンチレータを多層に束ね、各層間を光学的に結合することによりシンチレータへの放射線入射位置とシンチレータ中での発光点の深さ位置を検出することを特徴とする。

（作用）

本発明の放射線位置検出器は、シンチレータを多層に配置して光位置検出器に結合し、検出器入射面上での光の空間分布の重心を求めることにより入射位置と、入射深さを検出し、また光の空間分布の分散を求めることにより入射位置情報とは独立に深さ位置情報を求めることができる。

（実施例）

以下、実施例を図面を参照して説明する。

第1図、第2図はそれぞれ2層、3層の場合の本発明による放射線検出器の実施例を示す図であり、11はシンチレータ、13は反射剤、15は光位置検出器である。

図において、直方体BCOブロックからなるシンチレータ11は、第1図では2層、第2図では

3層に組み立てられており、各層内の各シンチレータ間はBaSO₄等による反射剤により光学的に分離され、シンチレータの層間はシリコングリセ等の光学結合剤により光学的に結合され、またシンチレータの光位置検出器と結合する面を除く他の外側の面には反射剤が塗布されている。

また、各層間のシンチレータの結合は、第1図に示すような2層の場合にはシンチレータ間隔の1/2、第2図の3層の場合には1/3とシンチレータの層毎にずらして結合する。なお、n層の場合は、シンチレータ間隔の1/nずつずらせるようにする。

次に、第3図を参照し、3層構造の場合を例にして本発明の放射線入射位置検出方法について説明する。

第3図（イ）～（ハ）において、（a-1）、（a-2）…、（b-1）、（b-2）…、（c-1）、（c-2）…はa、b、c各層のシンチレータを示し、シンチレータ下方の数字はx方向の座標値を示している。

特開平1-229995 (3)

第3図(イ)において、(a-1)のシンチレータで吸収された γ 線により発生したシンチレーション光のうち光位置検出器と逆方向に向かった光は多重回の反射を起こし、最終的に光位置検出器に達する光量はかなり低く、空間分布的にもかなり拡散したものとなる。一方、直接光位置検出器に向かった光はそのほとんどが出力される。したがって(a-1)のシンチレータで生じた光の検出器入射面上での空間分布の重心位置 x_{c-1} はほぼその発光したシンチレータの中心位置と一致する。

次に、第3図(ロ)に示すように(b-1)のシンチレータで γ 線が吸収された場合、検出器と逆方向に向かった光は上記と同様になると考えられる。検出器に向かった光は、次の層のシンチレータにその接している面積に応じて光量が分配される。この場合、(a-1)と(a-2)にそれぞれ $2/3$ 、 $1/3$ が分配され、最終的に(a-1)、(a-2)からそれらの光が検出器側に出力される。

3)、 $2/9$ ($=2/3 \times 1/3$)、(b-2)から(a-2)と(a-3)にそれぞれ $2/9$ ($=1/3 \times 2/3$)、 $1/9$ ($=1/3 \times 1/3$)に分配される。従って、最終的な出力はシンチレータ(a-1)、(a-2)、(a-3)それぞれから $4/9$ 、 $4/9$ 、 $1/9$ となり出力光の空間分布の重心位置 x_{c-1} は、

$$x_{c-1} = \frac{\frac{4}{9} \times 1 + \frac{4}{9} \times 2 + \frac{1}{9} \times 3}{\frac{4}{9} + \frac{4}{9} + \frac{1}{9}} = 1 \frac{2}{3}$$

となり、これもシンチレータ(c-1)の中心位置と一致することとなる。このように他のシンチレータでの発光も同様にその中心位置と出力光の空間分布の重心位置が一致するため、空間分布の重心位置を求めることにより γ 線が吸収された位置を算出することができる。また(a-1)、(a-2)…の中心位置を整数値とする座標系で

ところで出力光の空間分布の重心位置 x_c は、出力層の各シンチレータより出力される光量 N_i とその中心位置 x_i とにより次式で表される。

$$x_c = \frac{\sum N_i x_i}{\sum N_i}$$

したがって、上記の場合は、光分布の重心位置 x_{c-1} は、

$$x_{c-1} = \frac{\left(\frac{2}{3} \times 1\right) + \left(\frac{1}{3} \times 2\right)}{\frac{2}{3} + \frac{1}{3}} = 1 \frac{1}{3}$$

となり、これはちょうどシンチレータ(b-1)の中心位置と一致する。

また、第3図(ハ)に示すようにシンチレータ(c-1)の発光の場合、まずシンチレータ(b-1)と(b-2)にそれぞれ $2/3$ 、 $1/3$ に分配され、さらに(b-1)から(a-1)と(a-2)にそれぞれ $4/9$ ($=2/3 \times 2/3$)、 $2/9$ ($=1/3 \times 2/3$)に分配され、さらに(b-2)から(a-2)と(a-3)にそれぞれ $2/9$ ($=2/3 \times 1/3$)、 $1/9$ ($=1/3 \times 1/3$)に分配される。従って、最終的な出力はシンチレータ(a-1)、(a-2)、(a-3)それぞれから $4/9$ 、 $4/9$ 、 $1/9$ となり出力光の空間分布の重心位置 x_{c-1} は、

は、a層で γ 線が吸収された場合は整数値、b層の場合は整数値間の $1/3$ 、c層の場合は整数値間の $2/3$ として重心位置が求められるので、この重心位置から何層目のシンチレータで発光したかという深さ情報も同時に得ることができる。

次に第4図、第5図により発光位置の深さ方向の他の弁別法について説明する。

第4図に示すように3層の場合について説明すると、#1層で発光が生じた場合には、前述したように検出器への入射光の拡がり第5図(A)に示すよう広くなり、また#2層で発光が生じた場合には、第5図(B)に示すように少し狭くなり、また#3層で発光が生じた場合には、第5図(C)に示すように最も狭くなる。この拡がりを

示す分散は、入射検出光の空間分布を $f(x)$ 、 x の平均値を \bar{x} としたとき、

$$\sigma = \frac{\int f(x) (x - \bar{x})^2 dx}{\int f(x) dx}$$

となる。したがって分散 σ から深さ方向の情報を

特開平1-229995 (4)

得ることができる。

この弁別法によれば重心位置から深さ情報を求めているので、イベントの揺らぎによる重心位置の検出誤差の影響を受けない。

(発明の効果)

以上のように本発明によれば、シンチレークを多層にして光学的に結合し、その出力光の空間分布の重心位置を求めることによりシンチレークへの放射線入射位置とシンチレーク中での発光の深さ位置情報を得ることができ、また出力光の空間分布の分散を求めることによりイベントの揺らぎによる影響をなくしてシンチレーク中での発光の深さ位置情報を得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図、第2図は本発明による放射線位置検出器の実施例を示す図、第3図は第2図の検出器による放射線位置検出方法を説明するための図、第4図、第5図はシンチレーク中での深さ位置情報を得る他の方法を説明するための図、第6図は板状シンチレークに光位置検出器を結合した従来の

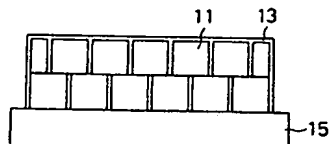
放射線位置検出器を示す図、第7図は放射線位置検出器におけるparallax errorの発生を説明するための図である。

11…シンチレーク、13…反射材、15…光位置検出器。

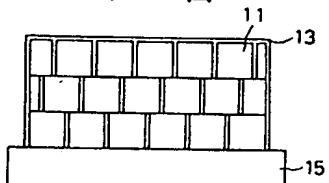
出 願 人 浜松ホトニクス株式会社(外1名)

代 理 人 弁理士 蛭 川 昌 信

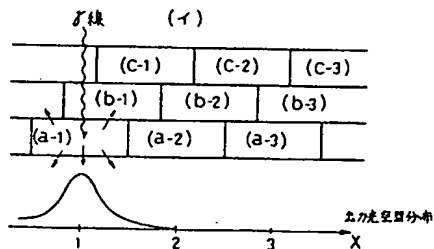
第 1 図



第 2 図

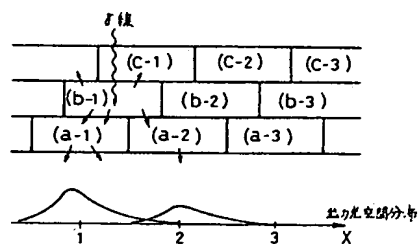


第 3 図



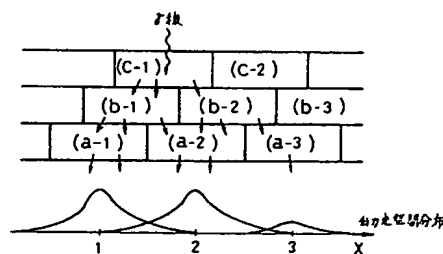
第 3 図

(ロ)



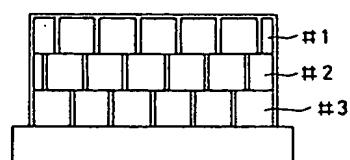
第 3 図

(ハ)

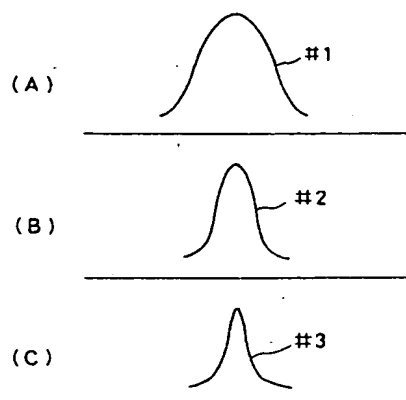


特開平1-229995 (5)

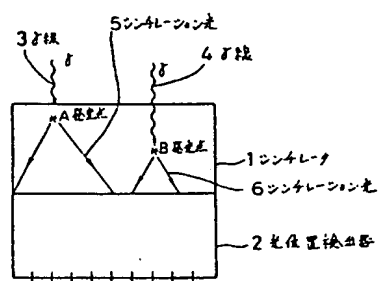
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

